

# virtX: ein Lehr- und Lernsystem für mobile Röntgengeräte zur Verbesserung der Ausbildung im Strahlenschutz

## virtX: a CBT-system for mobile image intensifier systems to improve the radiation protection training

### Abstract

**Background and objectives:** The exposure of patient and personal produced by diagnostic medical X-ray techniques should be kept at a minimum according to governmental regulations like the Strahlenschutzverordnung in Germany. To achieve this, a professional and prudent use of the X-ray machine is indispensable. Currently this behavior is only taught theoretically, because training with real radiation is not an option. Therefore the question arises how the education in radiation protection can be supported by a better impartment of the complex topic.

**Methods:** The CBT-system (computer based training) virtX, which supports the learning of the correct handling of mobile image intensifier systems, was extended by certain aspects of the radiation protection field. A prototypic visualization of the resulting scattered radiation as well as a depiction of the path of rays were integrated in the system. Furthermore the calculation and visualization of the virtual entrance dose of the transilluminated volume and of the image intensifier area were added. The calculation and visualization of all these components use the customizable c-arm adjustments, e.g. position of the apertures, adjustment of the image intensifier corresponding to the transilluminated volume and the X-ray intensity. This extended version of the virtX-system was used on a three-day course for OR personnel with over 120 participants and evaluated using questionnaires.

**Results:** 55 of the participants returned a questionnaire (response rate 82%). The average age of the 39 female and 15 mal participants (two n.s.) was  $33 \pm 8$  years, their professional experience was  $9,37 \pm 7$  years. One person (2%) indicated, that he had "no experience in using the c-arm or just got an introduction", eight participants (14%) indicated, that they "use the c-arm occasionally" and 46 participants (84%) "work regularly with the c-arm". 45 (92%) of the participants indicated that they learned new things for the avoidance of unnecessary exposure through the visualization of the scattered radiation.

**Conclusion:** Despite the up to now just prototypic visualization of the scattered radiation it was possible to impart certain aspects and behavior patterns for the avoidance of unnecessary exposure in addition to the traditional, rather theoretical education in radiation exposure prevention courses.

**Keywords:** virtual radiography, C-arm, computer based training, radiation protection, scattered radiation

### Zusammenfassung

**Hintergrund und Fragestellung:** Die durch röntgentechnische Diagnoseverfahren in der Medizin entstehende Strahlenbelastung für Patient und Personal soll laut Strahlenschutzverordnung so gering wie möglich gehalten werden. Um dieses zu erreichen ist ein professioneller und bedachter Umgang mit den Röntgengeräten unabdingbar. Dieses Verhalten kann derzeit jedoch nur theoretisch vermittelt werden, da sich

Markus Wagner<sup>1</sup>  
Christopher Duwenkamp<sup>1</sup>  
Christoph  
Alexander Ahrens<sup>1</sup>  
Maik Plischke<sup>2</sup>  
Klaus Michael Stürmer<sup>3</sup>  
Klaus Dresing<sup>3</sup>  
Oliver Johannes Bott<sup>4</sup>

1 Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der Technischen Universität Braunschweig und der Medizinischen Hochschule Hannover, Braunschweig, Deutschland

2 u\_m\_i Informatik GmbH, Braunschweig, Deutschland

3 Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsmedizin Göttingen Georg-August-Universität, Göttingen, Deutschland

4 Fachhochschule Hannover, Fakultät III, Abt. Information und Kommunikation, Hannover, Deutschland

ein Üben mit realer Strahlung von selbst verbietet. Daher stellt sich die Frage wie man die Strahlenschutz Ausbildung durch eine verbesserte Vermittlung der komplexen Thematik unterstützen kann.

**Methoden:** Das CBT-System (Computer Based Training) virtX, welches das Erlernen der korrekten Handhabung mobiler Röntgengeräte unterstützt, wurde um Aspekte aus dem Bereich des Strahlenschutzes erweitert. Es wurde eine prototypische Visualisierung der entstehenden Streustrahlung sowie die Darstellung des Nutzstrahlenganges integriert. Des Weiteren wurde die Berechnung und Anzeige der virtuellen Einfallsdosis für das durchstrahlte Volumen sowie für den Bereich des Bildverstärkers hinzugefügt. Für die Berechnung und Visualisierung all dieser Komponenten werden die in virtX parametrisierbaren C-Bogen-Einstellungen, z.B. Stellung der Blenden, Positionierung des Röntgengerätes zum durchstrahlten Volumen und Strahlenintensität, herangezogen. Das so erweiterte System wurde auf einem dreitägigen Kurs für OP-Personal mit über 120 Teilnehmern eingesetzt und auf der Basis von Fragebögen evaluiert.

**Ergebnisse:** Von den Teilnehmern gaben 55 einen ausgefüllten Evaluations-Fragebogen ab (Responserate 82%). Das Durchschnittsalter der 39 weiblichen und 15 männlichen Teilnehmer (einer o.A.) lag bei  $33 \pm 8$  Jahren, die Berufserfahrung bei  $9,37 \pm 7$  Jahren. Die Erfahrung mit dem C-Bogen wurde von einem Teilnehmer (2%) mit „Keine oder bisher nur Einführung erhalten“, von acht Teilnehmern (14%) mit „bediene einen C-Bogen gelegentlich“ und von 46 (84%) mit „bediene einen C-Bogen regelmäßig“ angegeben. 45 (92%) der Teilnehmer gaben an, durch die Visualisierung der Streustrahlung etwas Neues zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung dazugelernt zu haben.

**Schlussfolgerung:** Trotz einer bislang nur prototypischen Visualisierung der Streustrahlung können mit virtX zentrale Aspekte und Verhaltensweisen zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung erfolgreich vermittelt werden und so Lücken der traditionellen Strahlenschutz Ausbildung geschlossen werden.

**Schlüsselwörter:** virtuelle Radiographie, C-Bogen, Computer Based Training, Strahlenschutz, Streustrahlung

## Einleitung und Fragestellung

Röntgentechnische Verfahren zur diagnostischen Durchleuchtung von Patienten sind seit Jahrzehnten fester Bestandteil des medizinischen Alltags. Sie werden z.B. genutzt, um Pathologien des menschlichen Bewegungsapparates zu diagnostizieren, den Verlauf von operativen Eingriffen zu kontrollieren und um Schnittbilder des Körpers zu produzieren. Trotz technischer Verbesserungen im Strahlenschutz z.B. durch Positionierungshilfen (Laserstrahl) [1] und Blenden bleibt die beim Röntgen erzeugte Strahlung ein potenzielles Gesundheitsrisiko für Patienten und Personal [2], [3]. Ein professioneller und bedachter Umgang mit Röntgengeräten ist daher unabdingbar. Training und Erfahrung sind die Schlüssel zur Reduzierung der Strahlenbelastung für Patient, Chirurgen und OP-Personal [4].

Um entsprechendes Verhalten zu vermitteln, schreibt der Gesetzgeber für jeden, der im medizinischen Bereich mit Strahlungseinrichtungen umgeht, eine regelmäßige Schulung vor (StrlSchV §30). Da allerdings Strahlung nicht durch die menschlichen Sinne wahrgenommen werden kann und sich das Trainieren mit echter Strahlung

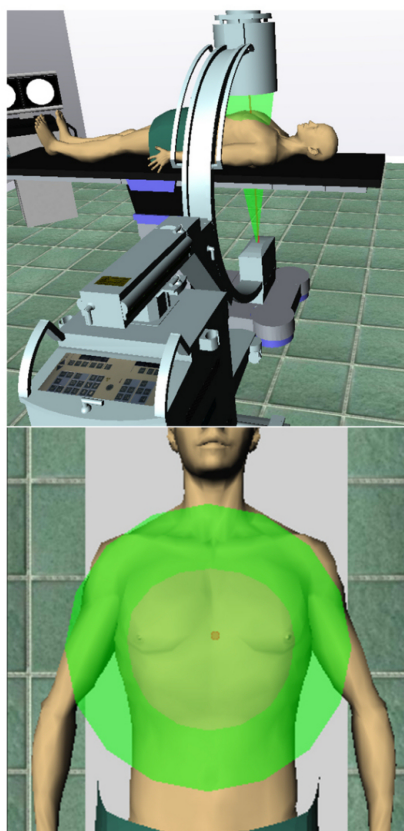
von selbst verbietet, sind diese Schulungen bisher ausschließlich theoretisch ausgelegt. Didaktisch ist das große Problem, dass die Teilnehmer dieser theoretischen Darstellung wenig abringen können. Die Motivation, an diesen Strahlenschutzkursen teilzunehmen, ist allein bedingt durch die Verpflichtung und den Druck seitens des Arbeitgebers bzw. des Gesetzgebers.

Ziel dieser Arbeit ist es, Möglichkeiten moderner didaktisch sinnvoller Informationstechnologien in der Strahlenschutz Ausbildung zu untersuchen.

## Material und Methoden

Zur Beantwortung der obigen Fragestellung wurde das C-Bogen Schulungssystem virtX um Komponenten des Strahlenschutzes erweitert. virtX ist ein CBT-System, welches das Erlernen der korrekten Handhabung mobiler Röntgengeräte (auch als mobiler Bildverstärker (BV) oder C-Bogen bezeichnet) unterstützt [5], [6]. C-Bögen werden insbesondere bei operativen Verfahren der Unfallchirurgie oder Orthopädie genutzt, um den Verlauf von Osteosynthese, z.B. Plattenlage, Achsenkonfiguration, u.a. zu

### bildverstärkernahe Positionierung



### bildverstärkerferne Positionierung

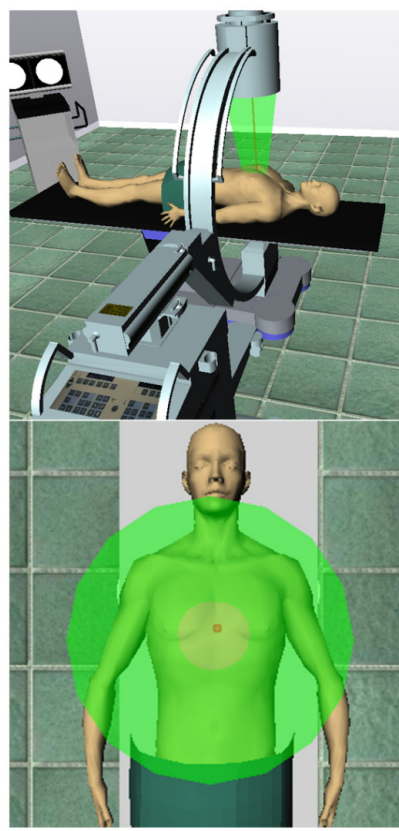


Abbildung 1: Visualisierung des Strahlenganges und Darstellung der Durchstrahlungsfläche

kontrollieren. Hierbei bedient in der Regel eine OP-Pflegekraft den C-Bogen auf Anweisung des operierenden Chirurgen, da dieser steril bleiben muss.

virtX verfügt über einen breiten Fundus an Aufgaben: verschiedene Normalbefunde und spezielle Frakturmuster können geladen werden und mit Einstellungsaufgaben kombiniert werden. So z.B. zur Einstellung des oberen Sprunggelenks mit 15–20° Innenrotation oder die Inlet/Outlet-Einstellungen des Beckens. Weitere Aufgaben können mit Hilfe eines Autorensystems dem Aufgabenkatalog hinzugefügt werden. Der Trainierende bearbeitet eine Aufgabe in zwei möglichen Betriebsarten des virtX-Systems: im rein virtuellen Modus oder im kombinierten virtuell-realen Modus.

Im rein virtuellen Modus steuert der Nutzer in einer Art Computerspiel (dem eigentlichen virtX-Programm) einen virtuellen C-Bogen in einem virtuellen OP-Saal mittels einer grafisch-interaktiven Bedienoberfläche. Auch die Steuerung des OP-Tisches oder die Lageänderung des Patienten sind hierbei möglich. Während der Bearbeitung einer Aufgabe kann der Benutzer zu jeder Zeit ein realitätsnahes, virtuelles Röntgenbild als Einzelbild oder als Bildfolge im Durchleuchtungsmodus erzeugen und dabei alle Parameter wie Blendenstellung, Röntgenintensität, etc. wie bei einem realen C-Bogen steuern.

Im virtuell-realen Modus wird ergänzend hierzu die Ausrichtung eines realen C-Bogens in Bezug zu einem realen

OP-Tisch und einer Patientenpuppe erfasst. Diese Positionsdaten werden in Realzeit an das virtX-Programm übertragen. Somit visualisiert das Trainingssystem die Veränderungen online auf dem Bildschirm. Auch die Röntgenbildsimulation berücksichtigt die Positionsänderungen. Der Auszubildende kann zudem Veränderungen am realen OP-Tisch oder der Lagerung der Patientenpuppe durchführen und die Auswirkungen auf das virtuelle Röntgenbild direkt verfolgen.

Zur Verbesserung der Strahlenschutz Ausbildung wurde das virtX-Programm um Komponenten zur Visualisierung von Strahlengang und Streustrahlung erweitert. Der sich von der Röntgenquelle eines C-Bogens zur Bildverstärkerreinheit konisch auffächernde Bereich, in welchem die Nutzstrahlung des Röntgengerätes vorzufinden ist, wurde in virtX mittels eines halbtransparenten grünen Kegels (s. Abbildung 1) visualisiert. Mit Hilfe dieses Kegels, welcher alle Bewegungen des C-Bogens nachvollzieht, ist es möglich die Veränderung der Strahlendosis durch die Veränderung der Durchstrahlungsfläche bei gleich bleibender Strahlenenergie interaktiv nachzuvollziehen (s. Abbildung 1). So sieht man auf der linken Seite der Abbildung 1, dass bei der bildverstärkernahen Positionierung des durchstrahlten Volumens die Durchstrahlungsfläche größer ist als bei der bildverstärkerfernen Positionierung, woraus sich ergibt, dass die Strahlendosis für das entsprechend durchstrahlte Volumen bei der linken Positio-



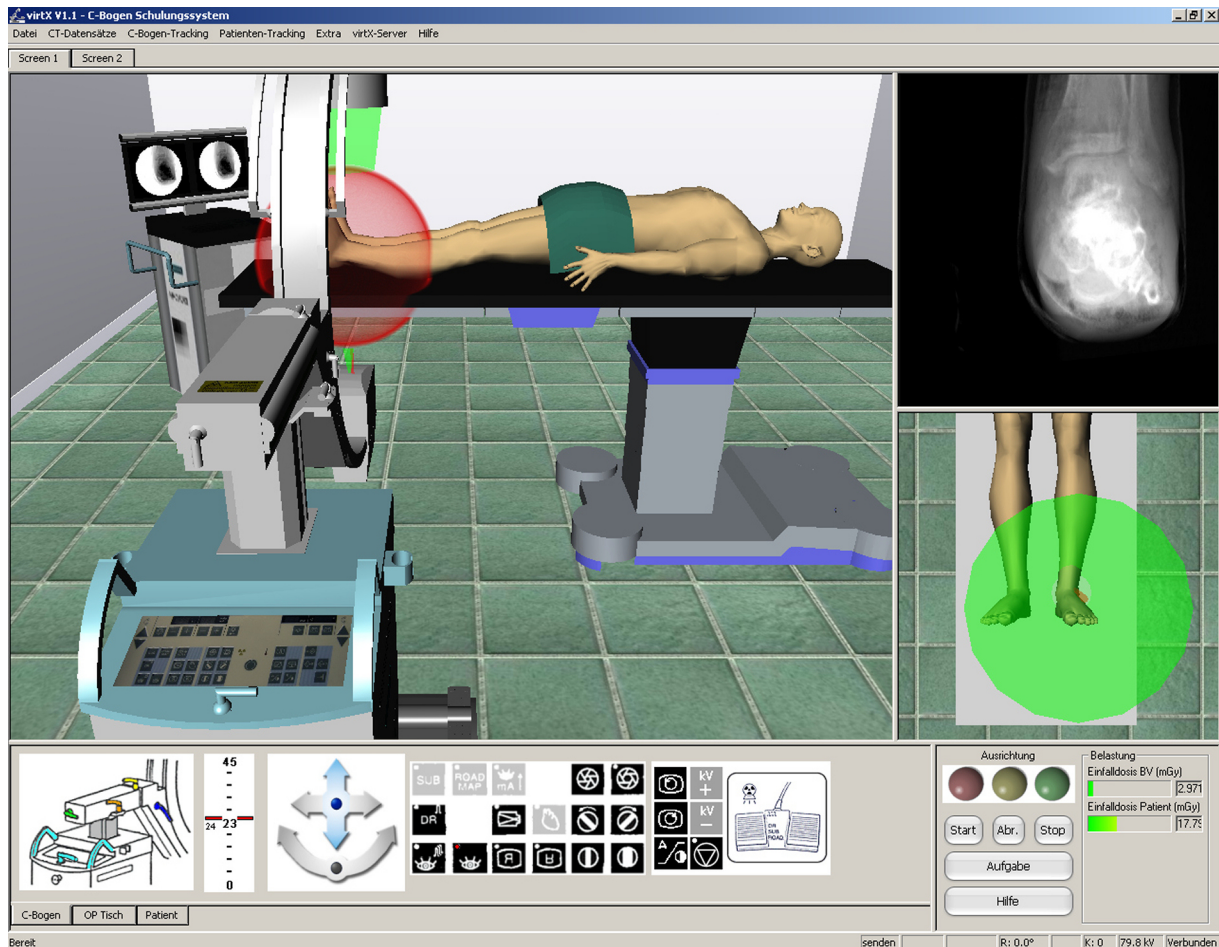


Abbildung 2: Visualisierung des Strahlenganges eines C-Bogens (grüner Kegel) sowie der Streustrahlung

nierungsvariante geringer ist als bei der rechten. Diese Visualisierung des Strahlenganges ist während der Durchführung einer Aufgabe jederzeit ein- und ausblendbar.

Da bei mobilen Bildverstärkersystemen aufgrund ihrer Flexibilität nur schwer abschirmende Strahlenschutzmaßnahmen getroffen werden können, stellt die bei den Röntgenaufnahmen entstehende Streustrahlung die höchste Belastung für den Operateur und das umstehende OP-Personal dar [7]. Die Eigenschaften der Streustrahlung, die von dem durchstrahlten Objekt ausgeht und sich in alle Raumrichtungen ausbreitet, sind abhängig von vielen verschiedenen Faktoren, wie z.B. die Zusammensetzung des durchstrahlten Materials, die Energie der Strahlung, etc.

Zur Verdeutlichung der Streustrahlenproblematik wurde in virtX eine prototypische Visualisierung der entstehenden Streustrahlung integriert. Hierbei wird die Streustrahlung durch eine ein- und ausblendbare pulsierende halbtransparente rote Kugel dargestellt (s. Abbildung 2). Die Position und der Ausbreitungsradius dieser Kugel hängen von der Ausrichtung des C-Bogens bezüglich des durchstrahlten Volumens und weiteren röntgentechnischen Parametern (Blendeneinstellungen und Röhrenspannung) ab. So nimmt z.B. der maximale Radius der pulsierenden Kugel zu, wenn der Abstand zwischen Strahlenquelle und durchstrahltem Volumen verringert

wird, und der maximale Radius nimmt ab, wenn Blenden eingefahren werden. Diese kugelförmige Darstellung entspricht zwar nicht der physikalisch korrekten Ausbreitung der Streustrahlung, soll aber über den Ausbreitungsradius den Zusammenhang zwischen verschiedenen Einstellungsvarianten des C-Bogens und Intensität der Streustrahlung vermitteln.

Des Weiteren berechnet die erweiterte Version von virtX die während der Aufgabendurchführung erzeugte virtuelle Einfallsdosis sowohl für den Patienten als auch für den Bereich des Bildverstärkers und stellt diese Werte jeweils in Kombination mit einer farbigen Fortschrittsanzeige dar. Zur Berechnung dieser Werte werden ebenfalls Parameter, wie Positionierung des C-Bogens zum durchstrahlten Volumen, Stellung der Blenden und die Röhrenspannung, herangezogen.

Zur Evaluation der erweiterten Funktionalitäten des virtX-Systems wurde virtX während eines dreitägigen Kurses für OP-Personal im November 2007 in Göttingen evaluiert. An dem Kurs nahmen über 120 Personen teil, denen die Möglichkeit gegeben wurde, an dem virtX-System zu trainieren (s. Abbildung 3). Hierfür standen vier virtX-Arbeitsplätze zur Verfügung, die jeweils von einem Mitarbeiter betreut wurden. Zwei PC-Arbeitsplätze, an denen mit virtX im virtuellen Modus gearbeitet werden konnte und zwei BV-Arbeitsplätze mit realem C-Bogen, OP-Tisch und Patientenpuppe, an denen das Arbeiten im virtuell-realem



Abbildung 3: Teilnehmer des OP-Kurses üben am BV-Arbeitsplatz mit virtX

Modus möglich war. Jeder Teilnehmer, der sich für das virtX-Training angemeldet hatte, erhielt Gelegenheit an mindestens einem PC-Arbeitsplatz und einem BV-Arbeitsplatz zu trainieren. Als Aufgaben wurden angeboten: Oberes Sprunggelenk (a.-p., 15°–20° Innenrotation, seitlich), Becken (inlet, outlet, a.-p.), Hüftgelenk (Ala, Obturator, Lauenstein-Projektion), Knie (a.-p., seitlich). Jedem Teilnehmer wurden die Möglichkeiten zur Visualisierung des Strahlenganges und der Streustrahlung von einem Betreuer im Kontext einer Einstellung des C-Bogens präsentiert.

Jedem Teilnehmer am virtX-Übungsprogramm wurde ein Fragebogen ausgehändigt, der Fragen enthielt zum Alter der Person in Jahren, zum Geschlecht der Person, zu ihrer beruflichen Qualifikation (Antwortmöglichkeiten: „Pflegekraft“, „Chirurg“ oder Freitextfeld) zur Berufserfahrung in Jahren und zur bisherigen Erfahrung im Umgang mit C-Bögen (Antwortmöglichkeiten: „Keine oder bisher nur Einführung erhalten“, „Bediene einen C-Bogen gelegentlich“ und „Bediene einen C-Bogen regelmäßig“).

Weiterhin wurde um eine subjektive Einschätzung des potenziellen Nutzens der Integration von virtX in die Ausbildung am C-Bogen gebeten. Die Aussage hierzu lautete „Das Computerprogramm virtX integriert in einen C-Bogen ist eine sinnvolle Ergänzung zur herkömmlichen Ausbildung am C-Bogen.“ und konnte auf Grundlage einer

Likert-Skala mit den fünf Antwortmöglichkeiten „Trifft voll zu“, „Trifft eher zu“, „Neutral“, „Trifft eher nicht zu“, „Trifft nicht zu“ (zzgl. „Keine Einschätzung“) beurteilt werden. Die Benutzbarkeit der Benutzungsschnittstelle von virtX konnte auf Basis der Aussage „Nach Einarbeitung ist die Benutzungsschnittstelle von virtX gut benutzbar“ analog beurteilt werden. Zur Bewertung des virtX-Systems in Bezug auf die Verdeutlichung der Strahlenschutzproblematik konnte zudem Stellung zur Aussage „Durch die Visualisierung der Streustrahlung habe ich etwas Neues zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung gelernt.“ genommen werden.

## Ergebnisse

Insgesamt wurden 67 Fragebögen ausgeteilt und 55 Fragebögen ausgefüllt zurückgegeben (Responserate 82%). Im Folgenden werden die Antworten auf die Fragen zusammengefasst. Wenn weniger als maximal 55 Personen auf die jeweilige Frage geantwortet haben, ist dies entsprechend vermerkt. Das Alter der Teilnehmer lag bei durchschnittlich  $33 \pm 8$  Jahren. 72% der Teilnehmer waren Frauen, 28% Männer (bei insgesamt 54 gültigen Antworten auf die Frage nach dem Geschlecht). 47 Teilnehmer (90%) gaben als Beruf Pflegekraft, zwei (4%) OP-Pflegekraft, einer (2%) Chirurg und zwei (4%) Operationstechni-



scher Assistent an (bei 52 gültigen Antworten). Die Berufserfahrung lag im Mittel bei  $9,37 \pm 7$  Jahren. Die Erfahrung mit dem C-Bogen wurde von einem Teilnehmer (2%) mit „Keine oder bisher nur Einführung erhalten“, von acht Teilnehmern (14%) mit „bediene einen C-Bogen gelegentlich“ und von 46 (84%) mit „bediene einen C-Bogen regelmäßig“ angegeben.

Die Aussage „Das Computerprogramm virtX integriert in einen C-Bogen ist eine sinnvolle Ergänzung zur herkömmlichen Ausbildung am C-Bogen.“ wurde von 50 Teilnehmern beantwortet. 38 Teilnehmer (76%) antworteten mit „Trifft voll zu“, 7 (14%) mit „Trifft eher zu“, 3 (6%) antworteten neutral und kein Teilnehmer mit „Trifft eher nicht zu“ oder „Trifft nicht zu“. 2 Teilnehmer (4%) gaben keine Einschätzung.

Die Bedienbarkeit der Benutzungsschnittstelle wurde von 47 Teilnehmern beurteilt, wobei die Aussage „Nach Einarbeitung ist die Benutzungsschnittstelle von virtX gut benutzbar.“ von 29 Teilnehmern (62%) mit „Trifft voll zu“, von 13 Teilnehmern (28%) mit „Trifft eher zu“, von 2 Teilnehmern (4%) neutral und von keinem Teilnehmer mit „Trifft eher nicht zu“ oder „Trifft nicht zu“ bewertet wurde. 3 Teilnehmer (=6%) gaben keine Einschätzung.

Zur Aussage „Durch die Visualisierung der Streustrahlung habe ich etwas Neues zur Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung gelernt.“ wurde von 49 Teilnehmern Stellung genommen, wobei 29 (59%) „Trifft voll zu“, 16 (33%) trifft zu, einer (2%) „Neutral“, einer „Trifft eher nicht zu“ (2%), keiner „Trifft nicht zu“ angekreuzt haben. Zwei Teilnehmer gaben keine Einschätzung.

## Diskussion

Die Streustrahlung ist eines der größten Gefährdungspotenziale bei der Arbeit mit mobilen Bildverstärkern [7]. Die während des OP-Kurses verwendete virtX-Version visualisiert die Streustrahlung abweichend von der tatsächlichen physikalischen Form als größer oder kleiner werdende Kugel. Damit ist die Aussagekraft begrenzt auf die Auswirkung alternativer Ausrichtungen des C-Bogens auf die relative Zu- oder Abnahme der Ausdehnung der Streustrahlung. Hierüber lassen sich Zusammenhänge zwischen Streustrahlung und Abstand der Strahlungsquelle vom zu durchleuchtenden Objekt sowie von der Verwendung von Blenden zur Reduzierung der Strahlenbelastung und Streustrahlung visualisieren. Kenntnisse über diese Zusammenhänge sind für die tägliche Praxis bedeutsam in Hinblick auf eine Reduzierung der Strahlenbelastung von Patient und Personal. Strahlenschutzkurse sollen dem Personal, das mit derartigen Geräten arbeitet, diese Kenntnisse vermitteln. Sie müssen verpflichtend regelmäßig vom OP-Personal besucht werden.

Obwohl 97% der Teilnehmer angaben, dass sie gelegentlich oder regelmäßig mit dem C-Bogen arbeiten, antworteten 92% der Teilnehmer, dass Sie durch das virtX-System etwas Neues in Bezug auf die Vermeidung unnötiger Strahlenbelastung gelernt haben. Dies ist bemerkenswert, da laut Röntgenverordnung ohne einen Strahlenschutz-

kurs das OP-Personal kein Röntgengerät bedienen darf. Hieraus lässt sich ableiten, dass simulationsbasierte Methoden zur Visualisierung der komplexen Zusammenhänge der Strahlungsentwicklung bei Röntgenuntersuchungen hilfreich sind, theoretisch erworbene Kenntnisse anwendungsgerecht zu vertiefen, bzw. diese überhaupt verständlich zu machen.

Die insgesamt positive Einschätzung der Einsatzes von virtX für das Erlernen der Handhabung eines C-Bogens (90% Zustimmung) in Kombination mit der positiven Einschätzung der Bedienbarkeit des virtX-Systems (ebenfalls 90% Zustimmung) lassen die Integration von virtX in Strahlenschutzkurse als sinnvolle Erweiterung der bisherigen Ausbildungskonzepte erscheinen. Gestützt wird diese Annahme durch positive Ergebnisse früherer Studien in Bezug auf den mit virtX erzielbaren Lerneffekt im Vergleich zu herkömmlichen Trainingsmethoden [6]. Geplant in Bezug auf die Weiterentwicklung von virtX für Strahlenschutzkurse ist eine näher an den physikalischen Gegebenheiten angelehnte Visualisierung der Ausdehnung der Streustrahlung sowie eine näherungsweise Bestimmung der Strahlungsexposition an der OP beteiligter Personen. Weitere Studien sind erforderlich, den Lerneffekt im Hinblick auf die Vermeidung unnötiger Strahlendisposition zu untersuchen.

## Anmerkung

### Interessenkonflikte

Keine angegeben.

## Literatur

1. Robinson AH, Moiz M, Hallett JP. Use of a laser guide to reduce screening time for the dynamic hip screw. *Injury*. 1996; 27(10):713-4. DOI: 10.1016/S0020-1383(96)00129-5
2. Fuchs M, Modler H, Schmid A, Dumont C, Stürmer KM. Messung der intraoperativen Strahlenexposition des Unfallchirurgen. *Unfallchirurg*. 1999; 102:371-6. DOI: 10.1007/s001130050420
3. Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, Giovanazzi A, Scozzato L, Saia B. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med (Lond)*. 2005;55:498-500. DOI: 10.1093/occmed/kqi048
4. Singh PJ, Perera NS, Dega R. Measurement of the dose of radiation to the surgeon during surgery to the foot and ankle. *J Bone Joint Surg Br*. 2007;89(8):1060-3. DOI: 10.1302/0301-620X.89B8.19529
5. Bott OJ, Wagner M, Duwenkamp C, Kimmel R, Lörchner A, Ahrens CA, Grobe JH, Raab B, Stürmer KM, Pretschner DP, Dresing K. virtX - Rechnergestütztes System zum Trainieren der Handhabung von mobilen Bildverstärkersystemen in Ambulanz und Operationssaal. *GMS Med Inform Biom Epidemiol*. 2006; 2(3):Doc16. Verfügbar unter: <http://www.egms.de/en/journals/mibe/2006-2/mibe000035.shtml>

6. Bott OJ, Teistler M, Duwenkamp C, Wagner M, Marscholke M, Plischke M, Raab BW, Stürmer KM, Pretschner DP, Dresing K. virtX - evaluation of a computer-based training system for mobile C-arm systems in trauma and orthopedic surgery. *Methods Inf Med.* 2008;47(3):270-8.
7. Brateman L. Radiation safety considerations for diagnostic radiology personnel. *Radiographics.* 1999;19(4):1037-55.

**Bitte zitieren als**

Wagner M, Duwenkamp C, Ahrens CA, Plischke M, Stürmer KM, Dresing K, Bott OJ. virtX: ein Lehr- und Lernsystem für mobile Röntgengeräte zur Verbesserung der Ausbildung im Strahlenschutz. *GMS Med Inform Biom Epidemiol.* 2009;5(1):Doc02.

**Artikel online frei zugänglich unter**

<http://www.egms.de/en/journals/mibe/2009-5/mibe000081.shtml>

**Veröffentlicht:** 25.02.2009

**Korrespondenzadresse:**

Markus Wagner  
Peter L. Reichertz Institut für Medizinische Informatik der  
Technischen Universität Braunschweig und der  
Medizinischen Hochschule Hannover, Mühlenpfordtstr.  
23, 38106 Braunschweig, Deutschland  
[markus.wagner@plri.de](mailto:markus.wagner@plri.de)

**Copyright**

©2009 Wagner et al. Dieser Artikel ist ein Open Access-Artikel und steht unter den Creative Commons Lizenzbedingungen (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.de>). Er darf vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden, vorausgesetzt dass Autor und Quelle genannt werden.